In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful













ECHANGES ALVEOLO-CAPILLAIRES

1- INTRODUCTION :

La respiration pulmonaire puise dans l'atmosphère de l'O_2, qui est utilisé par les cellules pour fournir de l'énergie et élimine le CO_2 produit par ces dernières.
Le sang permet le transport de l'O_2 et du CO_2 entre les poumons et les tissus.
Ce transport se fait des poumons vers les tissus pour l'O_2 et en sens inverse pour le CO_2.

L'apport en O_2 n'est pas déterminé par les poumons mais par sa consommation tissulaire VO_2 (l/min). Le CO_2 produit détermine la VCO_2.
La quantité d'O_2 consommé et celle du CO_2 produit n'est pas la même et dépend essentiellement du type de nutriment ingéré pour la production de l'énergie.

Le rapport VCO_2 sur VO_2 détermine le quotient respiratoire (QR).

$$QR = \frac{VCO2}{VO2}$$

Lors d'un repas équilibré : QR= 0,8 c.à.d. 8 molécules de CO_2 sont produites pour 10 molécules d'O_2.
Pour les glucides : QR = 1
Pour les lipides : QR = 0,7
Pour les protéines : QR = 0,8

Les échanges tissulaires et pulmonaires des gaz se font par simple diffusion passive sous l'effet de différences de pression partielle.
Le déplacement de ces gaz se fait des zones de forte pression vers les zones de faible pression.

2- ROLE DE LA PRESSION PARTIELLE DANS LES ECHANGES GAZEUX :

Dans un mélange gazeux, on définit, pour chaque gaz, la pression partielle correspondant à la pression P qu'exercerait ce gaz s'il était seul.
De manière générale, on peut écrire :

$P_{d'un\ gaz} = PB \times F$ où F : concentration fractionnelle du gaz dans le mélange.

Copié dans le Presse-papiers

Exemple : si $PB = 760$ mm Hg $FO_2 = 21\%$

$PO_2 = 760 \times 0,21$

$PO_2 = 160$ mm Hg

La concentration fractionnelle de l'azote FN_2 est d'environ 79 % celle du CO_2 de 0 %.

La pression partielle d'un gaz change lorsque la PB varie, alors que F ne varie pas. De ce fait, la FO_2 est la même sur toutes les parties du globe terrestre quelque soit l'altitude, alors que la PO_2 n'est pas la même au niveau de la mer et des montagnes puisque la PB change avec l'altitude.

Les gaz dissous dans un liquide, tels que le sang, exercent une pression partielle. Plus grande est cette dernière et plus importante est la quantité de gaz dissous.

Il existe une différence de pression partielle entre le sang capillaire pulmonaire et le gaz alvéolaire, d'une part, et entre le sang capillaire systémique et les tissus d'autre part.

3- PO_2 et PCO_2 ALVEOLAIRES :

L'air atmosphérique est réchauffé à 37°C et saturé en vapeur d'eau au passage dans les voies aériennes. Cette vapeur exerce une pression partielle qui réduit la pression partielle initiale des composantes de l'air inspiré. Elle est de 47 mm Hg.

D'où :

$$P_{d'\,un\,gaz} = (PB - P_{H2O}) \times F$$

Exemple : $PO_2 = (760 - 47) \times 0,21$

$PO_2 = 150$ mmHg

L'air frais inspiré se mélange au gaz restant dans les alvéoles et l'espace mort à la fin de l'expiration. Cette humidification combinée au renouvellement partiel du gaz alvéolaire est à l'origine d'une baisse de la PO_2 alvéolaire qui est alors de 100 mm Hg.

La PO_2 alvéolaire varie peu pendant le cycle respiratoire et est en équilibre avec la PO_2 du sang quittant les capillaires pulmonaires. Il s'ensuit que la PO_2 du sang artériel reste, elle aussi, invariable de telle sorte que la quantité d'O_2 sortant des capillaires pulmonaires varie peu avec le cycle respiratoire.

Dans les poumons, le CO_2 diffuse du sang vers le gaz alvéolaire du fait de la différence de pression partielle et est rejeté dans l'environnement lors de l'expiration.
La PCO_2 varie peu au cours du cycle respiratoire et est de 40 mm Hg.

4- DIFFERENCE DES PRESSIONS PARTIELLES DE L'O_2 ET DU CO_2 :

Dans les poumons, le sang gagne de l'O_2 et perd du CO_2 par simple diffusion du fait de la différence des pressions partielles.
Le sang entrant dans le capillaire pulmonaire par l'artère pulmonaire, est le sang veineux systémique, pauvre en O_2 avec une PO_2 = 40 mm Hg et riche en CO_2 avec une PCO_2 = 46 mm Hg.
De ce fait, il y a une différence de pression partielle entre les gaz alvéolaires et le sang des capillaires pulmonaires, d'où diffusion de l'O_2 vers le sang et du CO_2 vers le gaz alvéolaire jusqu'à équilibre des pressions partielles du gaz alvéolaire et du sang sortant des capillaires pulmonaires.
Ce sang, dont la PO_2 est de 100 mm Hg et la PCO_2 de 40 mm Hg, est devenu du sang artériel qui est pompé par le cœur vers les tissus.

Les différences de pressions partielles dans les tissus favorisent la diffusion passive du sang vers les cellules de l'O_2 nécessaire à leur métabolisme, et du CO_2 des cellules vers le sang. Ce dernier retourne aux poumons pour, à nouveau, s'enrichir en O_2 et perdre du CO_2.
D'autres facteurs peuvent jouer un rôle dans la vitesse des échanges gazeux, tels que :

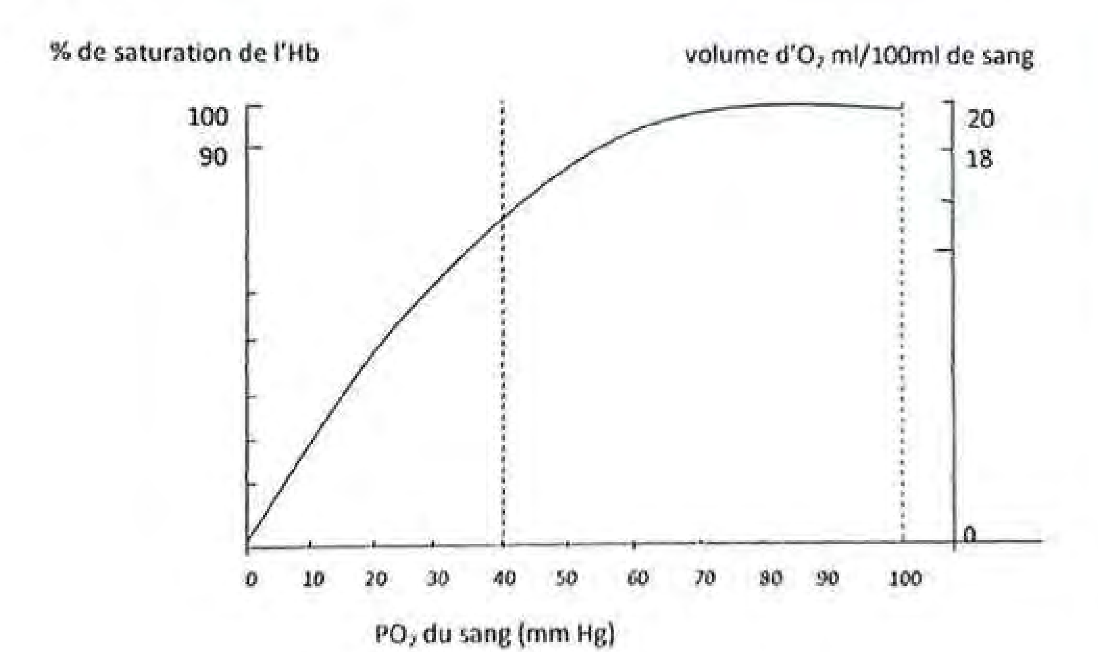
- la surface d'échange pulmonaire
- l'épaisseur de la cloison séparant le gaz alvéolaire du sang. La diffusion du gaz à travers le feuillet tissulaire diminue si la surface est plus petite ou l'épaisseur est plus grande.

Dans l'érythrocyte, le CO_2 est converti en HCO_3^- suivant la formule :

$$CO_2 + H_2O \underset{\text{anhydrase carbonique}}{\rightleftharpoons} H_2CO_3 \underset{\text{acide carbonique}}{\rightleftharpoons} H^+ + HCO_3^-$$

Les ions H^+ se fixent dans les érythrocytes à l'Hb.

Les réactions qui ont eu lieu dans les tissus, sont réversibles dans les poumons où le CO_2 diffuse hors du sang pour entrer dans les alvéoles.



TRANSPORT DES GAZ

Le transport de gaz se fait des poumons vers les tissus pour l'oxygène (O_2) et en sens inverse pour le dioxyde de carbone (CO_2).

I- TRANSPORT DE L'O_2 :

L'O_2 du sang existe sous 2 formes :

- la forme dissoute, libre
- la forme combinée à l'hémoglobine.

Les réactions entre ces 2 formes sont réversibles, très rapides et dépendent de la PO_2.
Dans le sang artériel, la PaO_2 est peu inférieure à celle de l'air alvéolaire. Elle tend à diminuer avec l'âge et varie avec la ventilation.
Dans le sang veineux, la PvO_2 varie en fonction des organes et de l'intensité du métabolisme. Elle est en moyenne de 40 mm Hg.

1- O_2 dissous :

La quantité d'O_2 dissoute est directement proportionnelle à la PO_2 ; plus la PO_2 est élevée et plus il y a de l'O_2 dissous.
La PaO_2 normale est de 100 mm Hg avec 3 ml d'O_2 dissous par litre de sang ; soit 15 ml/min d'O_2 dissous pour un débit cardiaque de 5 l/min. Or, la consommation d'O_2 par toutes les cellules de l'organisme est de 250 ml/min, cette consommation pouvant augmenter jusqu'à 25 fois lors d'un exercice physique. Pour cela, il existe un autre transport pour l'O_2 dans le sang qui est l'hémoglobine. L'O_2 combiné à l'hémoglobine (98,5%) ne contribue pas à la PO_2 du sang. De ce fait, la PO_2 ne reflète pas la quantité d'O_2 dans le sang, mais seulement, sa fraction dissoute (1,5 %).

2- O_2 combiné à l'hémoglobine :

L'hémoglobine (Hb) est une ferroprotéine contenue dans les globules rouges se combinant facilement et réversiblement avec l'O_2.
L'Hb non combinée à l'O_2 est appelée Hb réduite. Combinée à l'O_2, elle est appelée oxyhémoglobine (HbO_2).

3- Saturation de l'Hb :

Chaque molécule d'Hb peut transporter jusqu'à 4 molécules d'O_2. Dans ce cas, il y a saturation de l'Hb. Le pourcentage de l'Hb varie de 0 à 100 %. Il dépend essentiellement de la PO_2 du sang qui est fonction de la quantité d'O_2 dissous.

$$Hb + O_2 \longleftrightarrow HbO_2$$

Au niveau du capillaire pulmonaire :

PO_2 ↗ ⟶ O_2 dissous ↗ ⟶ HbO_2 ↗

Au niveau du capillaire systémique :

PO_2 ↘ ⟶ O_2 dissous ↘ ⟶ HbO_2 ↘

La différence de la PO_2 dans les poumons et les tissus entraine une captation de l'O_2 par l'Hb dans les poumons et une libération d'O_2 dans les tissus qui vont utiliser ce dernier pour leur métabolisme.

La relation entre la PO_2 et la saturation en O_2 de l'Hb n'est pas linéaire. Elle est sigmoïde connue sous le nom de courbe de dissociation (ou de saturation) de l'HbO_2 ou courbe de Barcroft.

- Entre 60 et 100 mm Hg de PO_2, la courbe est en plateau et la saturation de l'Hb est de 97,5%. Il s'agit donc d'une saturation quasi-complète. Par conséquent, si la PO_2 diminue en dessous de la valeur normale, la saturation de l'Hb diminue peu et donc le contenu du sang en O_2 de même.

  Le plateau de la courbe correspond donc à une marge de sécurité pour le transport de l'O_2 par le sang.
- Entre 0 et 60 mm Hg de PO_2, la courbe présente un segment abrupt où l'O_2 est déchargé de l'Hb. L'O_2 libéré diffuse librement des globules rouges vers le plasma puis vers le liquide interstitiel et les tissus sous l'effet de la différence de pression partielle.

Les facteurs modifiant la courbe de Barcroft sont le pH, la PCO_2 et la température. Ils déplacent la courbe de dissociation vers la droite. Il y a baisse de l'affinité de l'Hb pour l'O_2.

Le 2,3 diphosphoglycérate, métabolite de la glycolyse au niveau des globules rouges, peut se fixer sur l'Hb de façon réversible et réduire son affinité pour l'O_2.

II- TRANSPORT DU CO_2 :

Le CO_2 produit par les cellules diffuse vers le sang et est véhiculé par ce dernier sous 3 formes :

- sous forme dissoute : la quantité de CO_2 dissous dépend de la pression partielle PCO_2. Elle représente 10 % du contenu total en CO_2.
- sous forme combinée : le CO_2 lié à l'Hb sous forme de carbaminohémoglobine $HbCO_2$ (30%). Le CO_2 se lie à la globine.
- sous forme de bicarbonate : HCO_3^- est le transport prédominant du CO_2 (60%).